

**Differential line driver circuit has symmetrical arrangement of 2 operational amplifiers with coupling resistance between each circuit output and inverting input of opposite amplifier**

Publication number: DE10045721

Publication date: 2002-03-07

Inventor: FERIANZ THOMAS (AT)

Applicant: INFINEON TECHNOLOGIES AG (DE)

Classification:

- international: **H03F1/56; H03F3/45; H04L25/02; H03F1/00; H03F3/45; H04L25/02; (IPC1-7): H03F3/68; H03F1/02; H03F1/34; H03F1/56; H03F3/45; H04B3/36**

- european: H03F1/56; H03F3/45S1K; H04L25/02G

Application number: DE20001045721 20000915

Priority number(s): DE20001045721 20000915

Also published as:

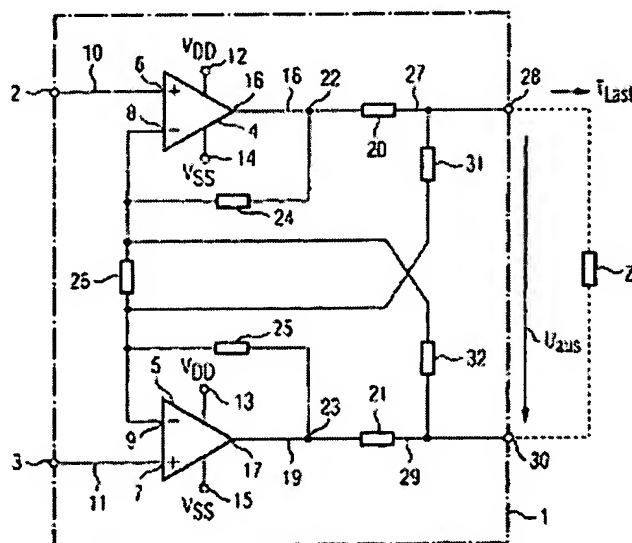
US 6600366 (B2)

US 2002070801 (A1)

[Report a data error here](#)

**Abstract of DE10045721**

The circuit has 2 inputs (2,3) for 2 input signals, each coupled to the non-inverting input (6,7) of a respective operational amplifier (4,5) provided with a feedback resistance (24,25) coupled to its inverting input (8,9), with a setting resistance (26) for adjusting the amplification coupled between the inverting inputs of the operational amplifiers. The signal output (16,17) of each operational amplifier is coupled to a circuit output (28,30) via a matching resistance (20,21), each output coupled to the inverting input of the opposite operational amplifier via a coupling resistance (31,32), the output impedance of the circuit matched to the line impedance.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 100 45 721 C 1

21 Aktenzeichen: 100 45 721.5-35  
22 Anmeldetag: 15. 9. 2000  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 7. 3. 2002

51 Int. Cl. 7:  
H 03 F 3/68

H 03 F 3/45  
H 03 F 1/34  
H 03 F 1/56  
H 03 F 1/02  
H 04 B 3/36

DE 100 45 721 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE

74 Vertreter:  
PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner, 80801  
München

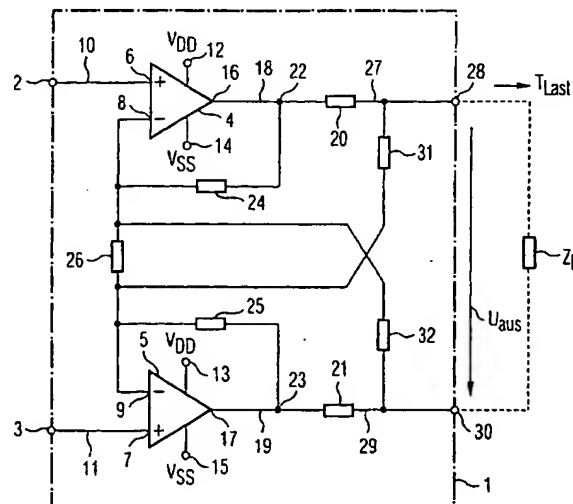
72 Erfinder:  
Ferianz, Thomas, Glanegg, AT

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

US 58 56 758 A  
TIETZE, U.: SCHENK, Ch.: Halbleiter-Schaltungs-  
technik, 11. Aufl., Berlin [u.a.]: Springer, 1999,  
S. 819,820,827 ISBN 3-540-64192-0;

54 Differentielle Leitungstreiberschaltung

57 Differentielle Leitungstreiberschaltung (1) zum Treiben eines über eine Signalleitung abgegebenen Leitungssignals mit einem ersten Eingangsanschluss (2) zum Anlegen eines ersten Eingangssignals, einen zweiten Eingangsanschluss (3) zum Anlegen eines zweiten Eingangssignals, einem ersten Operationsverstärker (4), dessen nicht invertierender Eingang (6) mit dem ersten Eingangsanschluss (2) der Leitungstreiberschaltung (1) und dessen Signalausgang (16) über einen Rückkoppelwiderstand (24) mit dem invertierenden Eingang (8) verbunden ist, einem zweiten Operationsverstärker (5), dessen nicht invertierender Eingang (9) mit dem zweiten Eingangsanschluss (3) der Leitungstreiberschaltung (1) und dessen Signalausgang (17) über einen Rückkoppelwiderstand (25) mit dem invertierenden Eingang (7) verbunden ist, einem Einstellwiderstand (26) zur Verstärkungseinstellung, wobei der Einstellwiderstand (26) zwischen die Eingänge (8, 9) der beiden Operationsverstärker (4, 5) geschaltet ist, einem ersten Anpassungswiderstand (20), der zwischen dem Signalausgang (16) des ersten Operationsverstärkers (4) und einem ersten Ausgangsanschluss (28) der Leitungstreiberschaltung (1) geschaltet ist, einem zweiten Anpassungswiderstand (21), der zwischen dem Signalausgang (17) des zweiten Operationsverstärkers (5) und einem zweiten Ausgangsanschluss (30) der Leitungstreiberschaltung (1) geschaltet ist, wobei die differentielle Leitungstreiberschaltung (1) einen ersten Mitkoppelwiderstand (31), der ...



DE 100 45 721 C 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine differentielle Leitungstreiberschaltung zum Treiben eines über eine Leitung abgegebenen Leitungssignals, insbesondere eines xDSL-Leitungssignals.

5 [0002] Aus Tietze, U.; Schenk, Ch.: Halbleiter-Schaltungstechnik, 11. Auflage, Berlin, Springer, 1999, S. 819, 820, 827, ISBN 3-540-64192-0, ist eine spannungsgesteuerte Stromquelle für geerdete Verbraucher mit einstellbarem Ausgangswiderstand bekannt. Die Verwendung von zwei spannungsgesteuerten Stromquellen für potentialfreie Verbraucher ist ebenfalls aus diesem Dokument bekannt.

[0003] Die US 5.856,758 beschreibt einen Treiber-Verstärkerschaltkreis mit einer positiven Rückkopplung. Dabei ist ein Widerstand zwischen dem Ausgangsanschluss und einem nicht invertierenden Eingang eines Operationsverstärkers geschaltet.

[0004] Fig. 1 zeigt eine differentielle Leitungstreiberschaltung nach dem Stand der Technik. Die Treiberschaltung besitzt zwei Eingänge E1, E2, an die das zu verstärkende Eingangssignal  $U_{\text{ein}}$  angelegt wird. Die beiden Treibereingänge E1, E2 sind jeweils an die nicht invertierenden Eingänge zweier Operationsverstärker  $OP_I$ ,  $OP_{II}$  angeschlossen. Die beiden Operationsverstärker sind spannungsrückgekoppelte Operationsverstärker, die mit einer Versorgungsspannung,  $U_V = V_{DD} - V_{SS}$  versorgt werden. Die Ausgänge der Operationsverstärker  $OP_I$ ,  $OP_{II}$  sind jeweils über Rückkoppelwiderstände  $R_{RI}$ ,  $R_{RII}$  an die invertierenden Eingänge (-) rückgekoppelt. Die beiden invertierenden Eingänge (-) der beiden Operationsverstärker  $OP_I$ ,  $OP_{II}$  sind über einen Einstellwiderstand  $R_E$  zum Einstellen einer Spannungsverstärkung miteinander verbunden. Die beiden Ausgänge der Operationsverstärker  $OP_I$ ,  $OP_{II}$  sind über Leitungsanpassungswiderstände  $R_{AI}$ ,  $R_{AII}$  über die beiden Treiber-Signalausgänge A1, A2 an die Signalleitung angeschlossen. Die Signalleitung weist einen Lastwiderstand  $Z_{\text{Last}}$  von beispielsweise 100 Ohm auf.

[0005] Die Anpassungswiderstände  $R_{AI}$ ,  $R_{AII}$  dienen der Vermeidung von Signalreflexionen auf der Signalleitung L.

[0006] Für die Ausgangsimpedanz der Treiberschaltung nach dem Stand der Technik, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist, gilt:

$$Z_{\text{aus}} = R_{AI} + R_{AII} = Z_L \quad (1)$$

[0007] Die beiden Anpassungswiderstände  $R_{AI}$ ,  $R_{AII}$ , sowie die Leitungsimpedanz  $Z_L$  bilden einen Spannungsteiler, wobei gilt:

$$U_{\text{opAus}} = 2 \cdot U_{\text{aus}} \quad (2)$$

[0008] Für jedes Volt Außenspannung  $U_{\text{aus}}$  müssen daher die Operationsverstärker  $OP_I$ ,  $OP_{II}$  zwei Volt Ausgangsspannung zur Verfügung stellen. Die an den Ausgängen A1, A2 zur Verfügung zu stellende Ausgangsspannung  $U_{\text{aus}}$  ist durch die technische Anwendung vorgegeben und beträgt beispielsweise bei ADSL-Treiberschaltungen 17,6 Volt. Die Operationsverstärker müssen daher an ihrem Ausgang die Spannung  $U_{\text{opAus}}$  von 35,2 Volt zur Verfügung stellen. Die Versorgungsspannung  $U_{\text{versorgung}}$  beträgt:

$$U_{\text{versorgung}} = V_{DD} - V_{SS} \quad (3)$$

[0009] Die Versorgungsspannung der beiden Operationsverstärker muss in jedem Fall größer sein als die an ihren Ausgängen abzugebende Ausgangsspannung  $U_{\text{opAus}}$ :

$$U_{\text{versorgung}} \geq U_{\text{opAus}} = 2 \cdot U_{\text{aus}} \quad (4)$$

[0010] Bei ADSL-Anwendungen wird typischerweise eine Versorgungsspannung  $U_{\text{versorgung}}$  von 42 Volt benötigt.

[0011] Die in Fig. 1 dargestellte Treiberschaltung nach dem Stand der Technik weist somit den Nachteil auf, dass sie eine sehr hohe Versorgungsspannung  $U_{\text{versorgung}}$  benötigt und eine sehr hohe Verlustleistung aufweist, die durch die beiden Leitungsanpassungswiderstände  $R_{AI}$ ,  $R_{AII}$  hervorgerufen werden.

50 [0012] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, differentielle Leitungstreiberschaltungen zu schaffen, die mit einer geringen Versorgungsspannung auskommt und eine niedrige Verlustleistung aufweist.

[0013] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine differentielle Leitungstreiberschaltung mit den in Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

[0014] Die Erfindung schafft eine differentielle Leitungstreiberschaltung zum Treiben eines über eine Signalleitung abgegebenen Leitungssignals mit

einem ersten Eingangsanschluss zum Anlegen eines ersten Eingangssignals,

einen zweiten Eingangsanschluss zum Anlegen eines zweiten Eingangssignals,

einem ersten Operationsverstärker, dessen nicht invertierender Eingang mit dem ersten Eingangsanschluss der Leitungstreiberschaltung und dessen Ausgang über einen Rückkoppelwiderstand mit dem invertierenden Eingang verbunden ist,

60 einem zweiten Operationsverstärker, dessen nicht invertierender Eingang mit dem zweiten Eingangsanschluss der Leitungstreiberschaltung und dessen Ausgang über einen Rückkoppelwiderstand mit dem invertierenden Eingang verbunden ist,

einem Einstellwiderstand zur Verstärkungseinstellung, der zwischen den beiden invertierenden Eingängen der beiden Operationsverstärker geschaltet ist,

65 einem ersten Anpassungswiderstand, der zwischen dem Ausgang des ersten Operationsverstärkers und einem ersten Ausgangsanschluss der Leitungstreiberschaltung geschaltet ist,

einen zweiten Anpassungswiderstand, der zwischen dem Ausgang des zweiten Operationsverstärkers und einem zweiten Ausgangsanschluss der Leitungstreiberschaltung geschaltet ist, wobei die differentielle Leitungstreiberschaltung zusätz-

lich einen ersten Mitkoppelwiderstand, der zwischen dem ersten Ausgangsanschluss der Leitungstreiberschaltung und dem invertierenden Eingang des zweiten Operationsverstärkers geschaltet ist, sowie einen zweiten Mitkoppelwiderstand aufweist, der zwischen dem Ausgang der Leitungstreiberschaltung und dem invertierenden Eingang des ersten Operationsverstärkers geschaltet ist,

wobei die Ausgangsimpedanz der Leitungstreiberschaltung an die Impedanz der Leitung angepasst ist.

[0015] Die Ausgangsimpedanz der differentiellen Leitungstreiberschaltung wird vorzugsweise durch das Produkt eines Ausgangsimpedanz-Synthesefaktors und der Summe der Impedanzen der beiden Anpassungswiderstände festgelegt.

[0016] Der Ausgangsimpedanz-Synthesefaktor ist bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Leitungstreiberschaltung in Abhängigkeit von den Mitkoppelwiderständen und den Rückkoppelwiderständen einstellbar.

[0017] Der erste Mitkoppelwiderstand und der zweite Mitkoppelwiderstand weisen vorzugsweise die gleiche Impedanz auf.

[0018] Der erste Rückkoppelwiderstand und der zweite Rückkoppelwiderstand weisen ebenfalls vorzugsweise die gleiche Impedanz auf.

[0019] Die beiden Operationsverstärker sind bei einer ersten Ausführungsform der differentiellen Leitungstreiberschaltung spannungsrückgekoppelte Operationsverstärker.

[0020] Die beiden Operationsverstärker sind bei einer alternativen Ausführungsform der differentiellen Leitungstreiberschaltung stromrückgekoppelte Operationsverstärker.

[0021] Bei einer weiteren Ausführungsform der differentiellen Leitungstreiberschaltung weist der Einstellwiderstand eine unendlich hohe Impedanz auf.

[0022] Der Ausgangsimpedanz-Synthesefaktor ist vorzugsweise größer als eins.

[0023] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform betrifft der Ausgangsimpedanz-Synthesefaktor etwa fünf.

[0024] Die erfindungsgemäße differentielle Leitungstreiberschaltung ist vorzugsweise voll-symmetrisch aufgebaut.

[0025] Die Eingangsimpedanz der erfindungsgemäßen Leitungstreiberschaltung weist vorzugsweise eine hohe Eingangsimpedanz auf, die der hohen Eingangsimpedanz eines Operationsverstärkers entspricht.

[0026] Die durch die erfindungsgemäße Leitungstreiberschaltung verstärkten Leitungssignale sind vorzugsweise xDSL-Signale.

[0027] Im weiteren werden bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen differentiellen Leitungstreiberschaltung unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren zur Erläuterung erfindungswesentlicher Merkmale beschrieben.

[0028] Es zeigen:

[0029] Fig. 1 eine differentielle Leitungstreiberschaltung nach dem Stand der Technik;

[0030] Fig. 2 eine erste Ausführungsform der differentiellen Leitungstreiberschaltung gemäß der Erfindung;

[0031] Fig. 3 eine zweite Ausführungsform der differentiellen Leitungstreiberschaltung gemäß der Erfindung.

[0032] Die in Fig. 2 gezeigte erste Ausführungsform der differentiellen Leitungstreiberschaltung 1 weist einen ersten Eingangsanschluss 2 zum Anlegen eines ersten Eingangssignales und einen zweiten Eingangsanschluss 3 zum Anlegen eines zweiten Eingangssignales auf. Bei den beiden Eingangssignalen handelt es sich in der Regel um differentielle Signale, d. h. das zweite Eingangssignal ist zu dem ersten Eingangssignal invertiert.

[0033] Die Leitungstreiberschaltung 1 enthält zwei Operationsverstärker 4, 5, die jeweils einen nicht-invertierenden Eingang 6, 7 und einen invertierenden Eingang 8, 9 besitzen. Die nicht invertierenden Eingänge 6, 7 sind über Leitungen 10, 11 direkt an die Eingangsanschlüsse 2, 3 angeschlossen. Die beiden Operationsverstärker 4, 5 werden über Stromversorgungsanschlüsse 12, 13 mit einer positiven Versorgungsspannung  $V_{DD}$  und über Versorgungsspannungsanschlüsse 14, 15 mit einer negativen Versorgungsspannung  $V_{SS}$  und einer Versorgungsspannung  $U_{versorg}$  versorgt. Die beiden Operationsverstärker 4, 5 weisen jeweils Signalausgänge 16, 17 auf, die über Leitungen 18, 19 an Anpassungswiderstände 20, 21 angeschlossen sind. Die Signalausgänge 16, 17 sind an Abzweigungsknoten 22, 23 an Rückkoppelwiderstände 24, 25 angeschlossen, die den Signalausgang 16, 17 des Operationsverstärkers 4, 5 jeweils an dessen invertierenden Signaleingang 8, 9 rückkoppeln.

[0034] Die beiden invertierenden Signaleingänge 8, 9 der beiden Operationsverstärker 4, 5 sind über einen Einstellwiderstand 26 miteinander verbunden.

[0035] Der an dem Signalausgang des ersten Operationsverstärkers 4 angeschlossene erste Anpassungswiderstand 20 liegt über eine Leitung 27 an einem ersten Ausgangsanschluss 28 der differentiellen Leitungstreiberschaltung 1 an. Der an dem Signalausgang 17 des zweiten Operationsverstärkers 5 angeschlossene zweite Anpassungswiderstand 21 liegt über eine Leitung 29 an einem zweiten Ausgangsanschluss 30 der differentiellen Leitungstreiberschaltung 1 an. Zwischen dem ersten Ausgangsanschluss 28 der Leitungstreiberschaltung 1 und dem invertierenden Eingang 9 des zweiten Operationsverstärkers 5 ist ein erster Mitkoppelwiderstand 31 geschaltet. Zwischen dem zweiten Ausgangsanschluss 30 der Leitungstreiberschaltung 1 und dem invertierenden Eingang 8 des ersten Operationsverstärkers 4 ist ein weiterer Mitkoppelwiderstand 32 geschaltet. Wie man aus Fig. 2 erkennen kann, ist die differentielle Leitungstreiberschaltung 1 voll-symmetrisch aufgebaut.

[0036] Über die Mitkoppelwiderstände 31, 32 wird ein positives Rückkopplungssignal bzw. ein Mitkopplungssignal in die invertierenden Signaleingänge 8, 9 der beiden Operationsverstärker 4, 5 aus dem Signalausgang 16, 17 des jeweils anderen Operationsverstärkers 4, 5 eingekoppelt. Durch die Kopplung aus dem Signalausgang des jeweils anderen, gegenphasigen Operationsverstärkers wird eine positive Rückkopplung bzw. Mitkopplung bewirkt, die zu einer Synthese der Ausgangsimpedanz  $Z_{Aus}$  der differentiellen Leitungstreiberschaltung 1 führt.

[0037] Für die Ausgangsimpedanz  $Z_{Aus}$  der Leitungstreiberschaltung 1 gilt:

$$Z_{Aus} = m \cdot (R_{20} + R_{21}) \quad (5)$$

wobei m der Ausgangsimpedanz-Synthesefaktor,

$R_{20}$  die Impedanz des Anpassungswiderstandes 20 und

$R_{21}$  die Impedanz des Anpassungswiderstandes 21 ist.

[0038] Die Ausgangsimpedanz  $Z_{Aus}$  der Leitungstreiberschaltung 1 ist an die Impedanz  $Z_L$  der zu treibenden Leitung angepasst. Es gilt somit:

$$Z_{Aus} = Z_L \quad (6)$$

[0039] Der Impedanz-Synthesefaktor  $m$  ist in Abhängigkeit von den Impedanzen der Mitkoppelwiderstände und der Rückkoppelwiderstände 24, 25 einstellbar. Die beiden Mitkoppelwiderstände 31, 32 weisen die gleiche Mitkoppelimpedanz auf:

$$R_{31} = R_{32} = R_{MK} \quad (7)$$

[0040] Die beiden Rückkoppelwiderstände 24, 25 weisen ebenfalls die gleiche Rückkoppelimpedanz auf:

$$R_{24} = R_{25} = R_{RK} \quad (8)$$

[0041] Für den Ausgangsimpedanz-Synthesefaktor  $m$  ergibt sich:

$$m = \frac{R_{MK}}{R_{MK} - R_{RK}} \quad (9)$$

[0042] Die Ausgangsspannung  $U_{ausop}$  zwischen den beiden Operationsverstärkern 4, 5, d. h. zwischen den Signalausgängen 16, 17, beträgt:

$$U_{ausop} = (1 + 1/m)U_{aus} \quad (10)$$

[0043] Der Ausgangsimpedanz-Synthesefaktor  $m$  ist stets größer als eins.

[0044] Mit zunehmendem Ausgangsimpedanz-Synthesefaktor  $m$  sinkt die notwendige Signalspannung zwischen den beiden Signalausgängen 16, 17 der beiden Operationsverstärker 4, 5 zur Erzielung der vorgegebenen notwendigen Ausgangstreiber Spannung  $U_{aus}$ .

[0045] Beträgt die Impedanz  $Z_L$  zwischen den beiden Ausgangsanschlüssen 28, 30 beispielsweise 100 Ohm, muss die Ausgangsgesamtimpedanz  $Z_{aus}$  der der Treiberschaltung 1 ebenfalls 100 Ohm betragen. Ist der Ausgangsimpedanz-Synthesefaktor  $m$  beispielsweise auf fünf eingestellt, benötigt man als Widerstandswerte der beiden Anpassungswiderstände 20, 21 jeweils lediglich 10 Ohm, um die Ausgangsimpedanz zu erreichen (siehe Gleichung (5)). Aufgrund des größer als eins gewählten Ausgangsimpedanz-Synthesefaktor  $m$  und somit geringeren notwendigen Ausgangssignalspannung  $U_{opaus}$  zwischen den beiden Signalausgängen 16, 17 der beiden Operationsverstärker 4, 5 kann auch die notwendige zur Verfügung gestellte Versorgungsspannung  $U_{versorgung}$  für die beiden Operationsverstärker 4, 5 an den Versorgungsspannungsanschlüssen 14, 17 bzw. 13, 15 abgesenkt werden.

[0046] Die Verlustleistung der differentiellen Treiberschaltung 1 beträgt:

$$P_{Verlust} = I_{Last} \cdot U_{Versorgung} + I_{Ruhe} U_{Versorgung} - P_{Signal} \quad (11)$$

wobei  $I_{Last}$  der an die Leitung abgegebene Laststrom,

die  $I_{Ruhe}$  der Ruhestrom der Operationsverstärker,

$U_{Versorgung}$  die notwendige Versorgungsspannung, und

$P_{Signal}$  die abgegebene Signalleistung ist.

[0047] Die abgegebene Signalleistung beträgt:

$$P_{Signal} = \frac{U_{opaus}^2}{R_{20} + R_{21} + Z_L} \quad (12)$$

[0048] Aufgrund der geringeren notwendigen Versorgungsspannung  $U_{versorgung}$  sinkt die Verlustleistung  $P_{Verlust}$  der erfindungsgemäßen differentiellen Leitungstreiberschaltung.

[0049] Bei einem Ausgangsimpedanz-Synthesefaktor  $m = 5$  ergeben sich bereits 80% der maximalen möglichen Ausgangspegelreduktion.

[0050] Leistungsimpedanz-Synthesefaktoren  $m$  von mehr als fünf führen zu keiner wesentlichen Verlustleistungseinsparung.

[0051] Da die Ausgangsimpedanzen  $R_{20}$ ,  $R_{21}$  der beiden Leitungsanpassungswiderstände 20, 21 wesentlich kleiner sind als die Impedanzen des Einstellwiderstandes 26, der Rückkoppelwiderstände 24, 25 sowie der Mitkoppelwider-

stände 31, 32

$$R_{20}, R_{21} \ll R_{26}, R_{24}, R_{25}, R_{31}, R_{32} \quad (13)$$

gilt für die Leerlaufverstärkung ( $Z_L = \infty$ ) der erfindungsgemäßen Leitungstreiberschaltung 1:

$$G_{\text{Leerlauf}} = \frac{2}{R_{26}} \cdot \frac{R_{RK} \cdot R_{MK}}{R_{MK} - R_{RK}} + \frac{R_{MK} + R_{RK}}{R_{MK} - R_{RK}} \quad (14)$$

[0052] Unter Einführung des Ausgangsimpedanz-Synthesefaktors ergibt sich die Leerlaufverstärkung  $G_{\text{Leerlauf}}$  zu:

$$G_{\text{Leerlauf}} = 2 \cdot m \left( \frac{R_{RK}}{R_{26}} + 1 \right) - 1$$

[0053] Fig. 3 zeigt eine besondere Ausführungsform der erfindungsgemäßen differentiellen Leitungstreiberschaltung 1, bei der der Einstellwiderstand 26 eine unendlich hohe Impedanz aufweist bzw. aus der Schaltungen entfernt worden ist.

[0054] Die in Fig. 3 dargestellte Ausführungsform weist die minimal mögliche Leerlaufverstärkung  $G_{\text{Leerlauf}}$  auf, weil  $R_{26}$  gegen Unendlich geht.

$$G_{\text{Leerlauf}} = 2 \cdot m - 1 \text{ wenn } R_{26} = \infty \quad (16)$$

[0055] Die hohe Eingangsimpedanz der erfindungsgemäß differentiellen Leitungstreiberschaltung 1 begünstigt den Einsatz von stromrückgekoppelten Operationsverstärkern, da bei Verwendung der invertierenden Struktur, bedingt durch die sehr niederohmigen Rückkoppelwiderstände der Eingangswiderstand leicht Werte um 100 Ohm erreichen kann und damit in Größenordnung der zu treibenden Last kommt. Bei stromrückgekoppelten Operationsverstärkern stellen die Rückkoppelwiderstände die Transkonduktanz der Eingangsstufe dar. Durch Absenken der Impedanz der Rückkoppelwiderstände 24, 25 kann die Frequenzbandbreite der Leitungstreiberschaltung 1 bei Einsatz stromrückgekoppelter Stromverstärker 4, 5 erhöht werden. Übliche Impedanzwert für die Rückkoppelwiderstände bei Breitband-Leitungstreibern mit stromrückgekoppelten Operationsverstärkern liegen bei 200 bis 1000 Ohm. Durch die Mitkopplung über die Mitkoppelwiderstände 31, 32 wird bei der Impedanzsynthese die Gegenkopplung über die Rückkoppelwiderstände 24, 25 abgeschwächt. Durch den Einsatz von stromrückgekoppelten Operationsverstärkern kann dem Absinken der Schleifenverstärkung und somit einem Absinken der für Breitband-Leitungstreiber wichtigen Linearität durch Verkleinerung der Rückkoppelwiderstands-Impedanzen der Rückkoppelwiderstände 24, 25 entgegengewirkt werden. Dadurch wird die Schleifenverstärkung wieder erhöht. Werden die Widerstände derart verkleinert, dass der Verlust der Schleifenverstärkung durch die Impedanzsynthese ausgeglichen wird, bleiben auch die Stabilitätsverhältnisse unverändert.

[0056] Die Widerstände 20, 21, 24, 25, 26, 31, 32 sind bei einer alternativen Ausführungsform komplexe Impedanzen, so dass die erfindungsgemäße differentielle Leitungstreiberschaltung 1 ebenfalls eine komplexe Ausgangsimpedanz  $Z_{\text{aus}}$  aufweist.

[0057] Bei einer weiteren Ausführungsform sind die Widerstände bzw. Impedanzen der differentiellen Leitungstreiberschaltung 1 zwischen verschiedenen Impedanzwerten umschaltbar, so dass die Treiberschaltung 1 durch Programmierung an verschiedene Leitungsimpedanzen  $Z_L$  adaptiv anpassbar ist.

[0058] Durch die Entnahme des Rückkoppelsignals auf dem Signalausgang des jeweils anderen gegenphasigen Operationsverstärkers bleiben die nicht-invertierenden Signaleingänge 6, 7 der beiden Operationsverstärker 4, 5 frei von Rückkoppelwiderständen und die Eingangsimpedanz der Treiberschaltung 1 wird durch die Impedanz der Operationsverstärker 4, 5 bestimmt. Ferner weist die Eingangsimpedanz der erfindungsgemäßen Leitungstreiberschaltung 1 eine sehr hohe Eingangsimpedanz im Megaohmbereich auf, so dass die Signalquelle selbst keinen niedrigen Ausgangswiderstand benötigt. Durch die erfindungsgemäße Leitungstreiberschaltung 1 wird mit der positiven kreuzweisen Rückkopplung über die Mitkoppelwiderstände 31, 32 lassen sich Verlustleistungseinsparungen von beispielsweise 40% bei einem gewählten Synthesefaktor  $m = 5$  erzielen.

[0059] Bei einem Synthesefaktor  $m = \infty$  wird eine maximale Verlustleistungseinsparung von 50% erreicht.

#### Bezugszeichenliste

1 Leitungstreiberschaltung	60
2 Signaleingang	
3 Signaleingang	
4 Operationsverstärker	
5 Operationsverstärker	
6 Nicht invertierender Eingang	65
7 Nicht invertierender Eingang	
8 Invertierender Eingang	
9 Invertierender Eingang	

- 10 Leitung
- 11 Leitung
- 12 Versorgungsspannungsanschluss
- 13 Versorgungsspannungsanschluss
- 5 14 Versorgungsspannungsanschluss
- 15 Versorgungsspannungsanschluss
- 16 Operationsverstärker-Signalausgang
- 17 Operationsverstärker-Signalausgang
- 18 Leitung
- 10 19 Leitung
- 20 Anpassungswiderstand
- 21 Anpassungswiderstand
- 22 Verzweigungsknoten
- 23 Verzweigungsknoten
- 15 24 Rückkoppelwiderstand
- 25 Rückkoppelwiderstand
- 26 Einstellwiderstand
- 27 Leitung
- 28 Signalausgang
- 20 29 Leitung
- 30 Signalausgang
- 31 Mitkoppelwiderstand
- 32 Mitkoppelwiderstand

Patentansprüche

1. Differentielle Leitungstreiberschaltung zum Treiben eines über eine Signalleitung abgegebenen Leitungssignals mit:
  - (a) einem ersten Eingangsanschluss (2) zum Anlegen eines ersten Eingangssignals,
  - 30 (b) einen zweiten Eingangsanschluss (3) zum Anlegen eines zweiten Eingangssignals,
  - (c) einem ersten Operationsverstärker (4), dessen nicht invertierender Eingang (6) mit dem ersten Eingangsanschluss (2) der Leitungstreiberschaltung (1) und dessen Signalausgang (16) über einen Rückkoppelwiderstand (24) mit dem invertierenden Eingang (8) des ersten Operationsverstärkers (4) verbunden ist,
  - (d) einem zweiten Operationsverstärker (5), dessen nicht invertierender Eingang (7) mit dem zweiten Eingangsanschluss (3) der Leitungstreiberschaltung (1) und dessen Signalausgang (17) über einen Rückkoppelwiderstand (25) mit dem invertierenden Eingang (9) des zweiten Operationsverstärkers (5) verbunden ist,
  - 35 (e) einem Einstellwiderstand (26) zur Verstärkungseinstellung, wobei der Einstellwiderstand (26) zwischen die invertierenden Eingänge (8, 9) der beiden Operationsverstärker (4, 5) geschaltet ist,
  - (f) einem ersten Anpassungswiderstand (20), der zwischen dem Signalausgang (16) des ersten Operationsverstärkers (4) und einem ersten Ausgangsanschluss (28) der Leitungstreiberschaltung (1) geschaltet ist,
  - 40 (g) einem zweiten Anpassungswiderstand (21), der zwischen dem Signalausgang (17) des zweiten Operationsverstärkers (5) und einem zweiten Ausgangsanschluss (30) der Leitungstreiberschaltung (1) geschaltet ist,
 gekennzeichnet durch
  - 45 (h) einen ersten Mitkoppelwiderstand (31), der zwischen dem ersten Ausgangsanschluss (28) der Leitungstreiberschaltung (1) und dem invertierenden Eingang (9) des zweiten Operationsverstärkers (5) geschaltet ist, und
  - (i) einem zweiten Mitkoppelwiderstand (32), der zwischen dem zweiten Ausgangsanschluss (30) der Leitungstreiberschaltung (1) und dem invertierenden Eingang (8) des ersten Operationsverstärkers (4) geschaltet ist,
  - 50 (j) wobei die Ausgangsimpedanz ( $Z_{Aus}$ ) der Leitungstreiberschaltung (1) an die Impedanz ( $Z_L$ ) der Leitung angepasst ist.
2. Differentielle Leitungstreiberschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgangsimpedanz ( $Z_{Aus}$ ) durch das Produkt eines Ausgangsimpedanz-Synthesefaktors (m) und der Summe der Impedanzen der beiden Anpassungswiderstände (20, 21) bestimmt ist.
- 55 3. Differentielle Leitungstreiberschaltung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgangsimpedanz-Synthesefaktor (m) in Abhängigkeit von den Mitkoppelwiderständen (31, 32) und den Rückkoppelwiderständen (24, 25) einstellbar ist.
4. Differentielle Leitungstreiberschaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Mitkoppelwiderstand (31) und der zweite Mitkoppelwiderstand (32) die gleiche Impedanz aufweisen.
- 60 5. Differentielle Leitungstreiberschaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Rückkoppelwiderstand (24) und der zweite Rückkoppelwiderstand (25) die gleiche Impedanz aufweisen.
6. Differentielle Leitungstreiberschaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Operationsverstärker (4, 5) spannungsrückgekoppelte Operationsverstärker sind.
- 65 7. Differentielle Leitungstreiberschaltung nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Operationsverstärker (4, 5) stromrückgekoppelte Operationsverstärker sind.
8. Differentielle Leitungstreiberschaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Einstellwiderstand (26) eine unendlich hohe Impedanz aufweist.

## DE 100 45 721 C 1

9. Differentielle Leitungstreiberschaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgangsimpedanz-Synthesefaktor (m) größer als eins ist.
10. Differentielle Leitungstreiberschaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgangsimpedanz-Synthesefaktor (m) etwa fünf beträgt.
11. Differentielle Leitungstreiberschaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitungstreiberschaltung (1) symmetrisch aufgebaut ist. 5
12. Differentielle Leitungstreiberschaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Einstellwiderstand (26), die Rückkoppelwiderstände (24, 25), die Mitkoppelwiderstände (31, 32) und die Anpassungswiderstände (20, 21) komplexe Impedanzen sind.
13. Differentielle Leitungstreiberschaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Impedanzwerte des Einstellwiderstandes (26), der Rückkoppelwiderstände (24, 25), der Mitkoppelwiderstände (31, 32) und der Anpassungswiderstände (20, 21) durch Schalteinrichtungen umschaltbar sind. 10

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

50

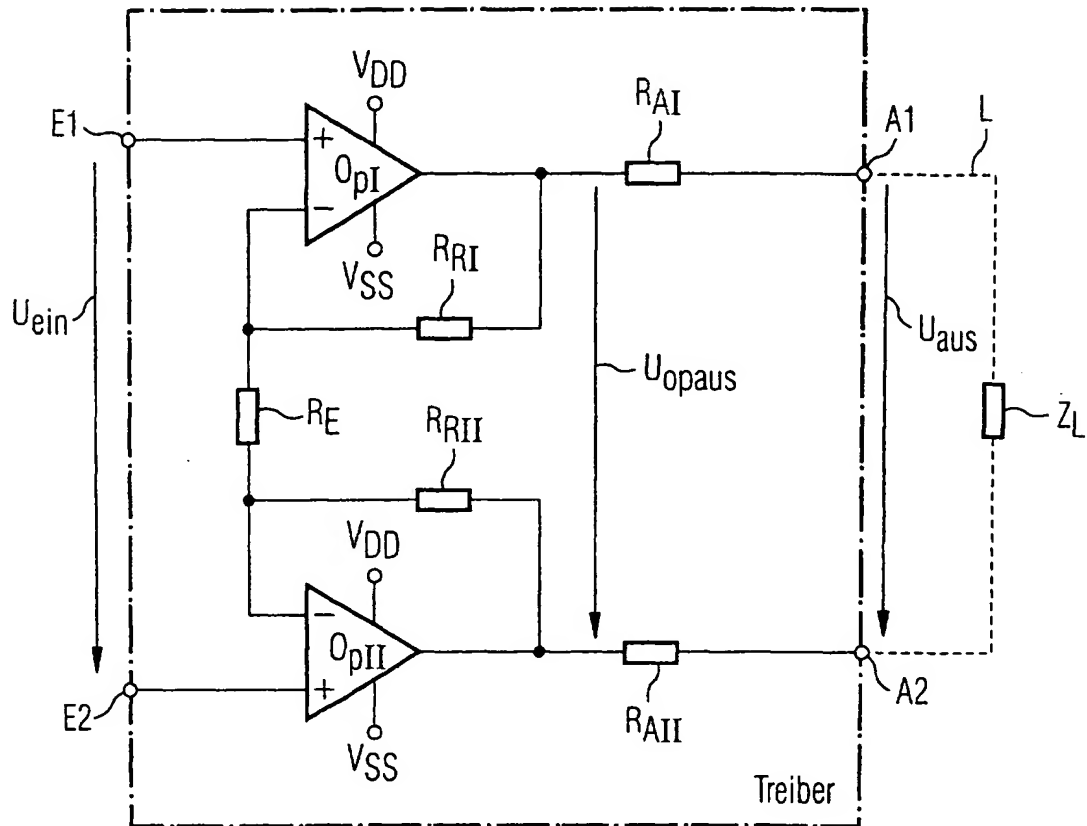
55

60

65



FIG 1



Stand der Technik

FIG 2

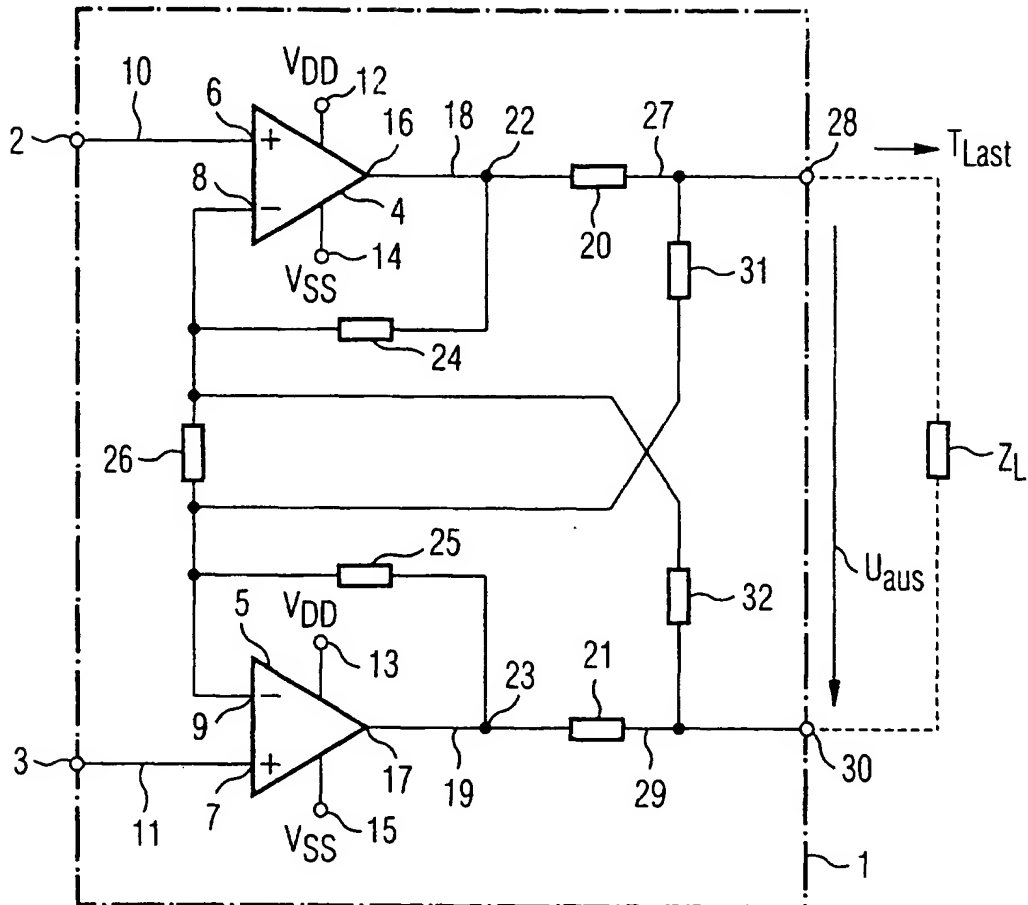


FIG 3

